

(19)

**Deutsches Patentamt**  
**European Patent Office**  
**Office européen des brevets**



(11)

**EP 0 748 391 B1**

(12)

**EUROPEAN PATENT SPECIFICATION**

(45) Date of publication and mention  
of the grant of the patent;  
**16.08.2001 Bulletin 2001/33**

(51) Int Cl.7: **C21B 13/14, C22B 5/14**(21) Application number: **95941920.1**(86) International application number:  
**PCT/KR95/00182**(22) Date of filing: **28.12.1995**(87) International publication number:  
**WO 96/21045 (11.07.1996 Gazette 1996/31)**

**(54) FLUIDIZED BED TYPE REDUCTION APPARATUS FOR IRON ORE PARTICLES AND ITS USE  
FOR REDUCING IRON ORE PARTICLES**

**REDUZIERVORRICHTUNG DES FLUIDARTBETTTyps FÜR EISENERZTEILCHEN UND  
VERWENDUNG**

**APPAREIL DE REDUCTION DE TYPE LIT FLUIDISE POUR PARTICULES DE MINERAI DE FER  
ET SON UTILISATION POUR LA REDUCTION DE PARTICULES DE MINERAI DE FER**

(84) Designated Contracting States:  
**AT BE DE FR GB IT LU NL SE**

(30) Priority: **31.12.1994 KR 4030294**

(43) Date of publication of application:  
**18.12.1996 Bulletin 1996/51**

(73) Proprietors:  
• **POHANG IRON & STEEL CO., LTD.**  
**Pohang City, Kyong Sang Book-Do 790-300 (KR)**  
• **RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL  
SCIENCE & TECHNOLOGY**  
**Pohang City, Kyong Sang Book-Do 790-330 (KR)**  
• **VOEST-ALPINE INDUSTRIEANLAGENBAU  
GESELLSCHAFT m.b.H.**  
**A-4031 Linz (AT)**

(72) Inventors:  
• **LEE, Il Ock, Research Institute of Industrial  
Pohang City, Kyongsangbook-do 790-330 (KR)**

• **KIM, Yong Ha, Research Institute of Industrial  
Pohang City, Kyongsangbook-do 790-330 (KR)**  
• **JUNG, Bong Jin, Research Institute of Industrial  
Pohang City, Kyongsangbook-do 790-330 (KR)**  
• **KIM, Hang Goo, Research Institute of Industrial  
Pohang City, Kyongsangbook-do 790-330 (KR)**  
• **HAUZENBERGER, Franz**  
**A-4030 Linz (AT)**

(74) Representative: **Dealtry, Brian et al**  
**Eric Potter Clarkson,**  
**Park View House,**  
**58 The Ropewalk**  
**Nottingham NG1 5DD (GB)**

(56) References cited:  
**EP-A- 0 594 557** **US-A- 4 434 001**  
**US-A- 5 370 727**

Note: Within nine months from the publication of the mention of the grant of the European patent, any person may give notice to the European Patent Office of opposition to the European patent granted. Notice of opposition shall be filed in a written reasoned statement. It shall not be deemed to have been filed until the opposition fee has been paid. (Art. 99(1) European Patent Convention).

**EP 0 748 391 B1**

## Description

### BACKGROUND OF THE INVENTION

#### Field of the Invention

[0001] The present invention relates to a fluidized-bed-type reduction apparatus for reducing fine iron ores in the procedure of producing pig iron or ingot iron and a method for reducing iron ore particles using such an apparatus, and more particularly to a fluidized bed type reduction apparatus capable of efficiently reducing iron fine ores of wide size ranges in a stably fluidized state and a method for reducing iron fine ores using the apparatus.

#### Description of the Prior Art

[0002] Generally, conventional methods for producing pig iron from reduced iron ores include a method using blast furnaces and a method using shaft furnaces. In the latter method, iron ores reduced in a shaft furnace are melted in an electric furnace.

[0003] In the case of the method for producing pig iron using blast furnaces, a large amount of coke is used as a heat source and reducing agent. In accordance with this method, iron ores are charged in the form of sintered ores in order to improve the gas-permeability and reduction. To this end, conventional methods using blast furnaces need a coke oven for producing coking coal and equipment for producing sintered ores. For this reason, the method using blast furnaces is a method requiring a huge investment and a high energy consumption. Since high quality coking coal is maldistributed in the world and the amount of its reserves are diminishing, the shortage thereof becomes severe as the demand for steel increases. On the other hand, the method of reducing iron ores using shaft furnaces requires a pre-treating step for pelletizing iron ores. Since this method also uses natural gas as a heat source and reducing agent, it has a drawback that it can be commercially implemented only in areas where an easy supply of natural gas is ensured.

[0004] Recently, a smelting reduction method capable of producing ingot iron from iron ores using non-coking coal in place of coke has been remarkable as a new iron production method.

[0005] Such a smelting reduction method typically employs a system wherein iron ores pre-reduced in a separate furnace are completely reduced in a melting furnace to produce hot metal. In the reduction furnace, iron ores are reduced in a solid phase before they are melted. In other words, iron ores charged in the reduction furnace are reduced while being in contact with hot reducing gas generated in the melting furnace.

[0006] The reduction process used in this method is classified into a moving bed type and a fluidized bed type in accordance with the condition that iron ores are

in contact with the reducing gas. It has been known that one of the most promising method for the reduction of fine iron ores of wide size distribution is the fluidized bed type process wherein the ores are reduced in a fluidized state by a reducing gas supplied through a distributor which is installed in the lower part of the reactor.

[0007] An example of the fluidized-bed-type reduction furnace is disclosed in Japanese Patent Laid-open Publication No. Heisei 3-215621. As shown in FIG. 1, this furnace comprises a cylindrical reduction furnace 91 and a cyclone 95. When iron ores are charged through an inlet 92 and a reducing gas is supplied in the reduction furnace 91 via a line 93 and a distributor 96 at an appropriate flow rate, the iron ores form a fluidized bed above the distributor so that they can be mixed and agitated with the reducing gas. In this state, the iron ores can be reduced by the reducing gas. The reducing gas supplied in the furnace forms bubbles in a layer of iron ore particles as if a fluid is boiled, and then rises through the particle layer, thereby forming a fluidized bed of iron ore particles. Therefore, this fluidized bed is a bubbling fluidized bed. The reduced iron ores are discharged out of the reduction furnace 91 through an outlet 94.

[0008] In the case of the fluidized-bed-type reduction apparatus disclosed in the above publication, it is necessary to minimize the flow rate of the reducing gas while forming an effective fluidized bed so as not only to reduce the elutriation of iron ores, but also to increase the efficiency of the reducing gas. To this end, the grain size of iron ore particles should be strictly limited to a certain range if the flow rate of the reducing gas in the fluidized bed is constant along the longitudinal axis of the fluidized bed. In other words, the gas velocity of the reducing gas required to form an effective fluidized bed should be controlled between a minimum fluidizing velocity and a terminal velocity. For such a fluidized bed type reduction furnace, accordingly, iron ore particles should be screened in terms of their grain size so that only those of similar grain ranges can be charged into the reduction furnace. If the operation is carried out at a high gas velocity which is required to fluidize coarse iron ore (which would not be fluidized at a low gas velocity), it will result in a large amount of the elutriation of fine iron ore because the terminal velocity of the fine ore is lower than the operating gas velocity. As the result, the dust collecting efficiency of the cyclones is reduced, thereby increasing the loss of the raw material. Furthermore, the reduction rate of circulating fine iron ore is degraded because their mean residence time in the reduction furnace is shorter than that of coarse iron ore.

[0009] EP-A-0 594 557 discloses a fluidized bed type of reduction apparatus, according to the pre-characterising part of Claim 1, that includes furnaces of tapered shape. However, the furnaces of EP-A-0 594 557 include various features that interrupt the continuum of conical material, with the result that comparatively coarse iron ore particles cannot be fluidized.

[0010] The inventors proposed the present invention

which can solve the above-mentioned problems encountered in the conventional methods, based on the results of their research and experiments.

### SUMMARY OF THE INVENTION

[0011] In accordance with one aspect, the present invention provides a fluidized-bed-type reduction apparatus as defined in Claim 1. Hereinafter, this apparatus will be referred to as a two-stage fluidized-bed-type reduction apparatus.

[0012] In accordance with another aspect, the present invention provides a fluidized-bed-type reduction apparatus for reducing fine iron ore, as defined in Claim 2. Hereinafter, this apparatus will be referred to as a three-stage fluidized bed type reduction apparatus.

[0013] In accordance with another aspect, the present invention provides use of the apparatus of Claim 1 in a method for reducing fine iron ores of wide size distribution, as defined in Claim 7. Hereinafter, this method will be referred to as a two-stage reduction method.

[0014] In accordance with another aspect, the present invention provides use of the apparatus of Claim 2 in a method for reducing fine iron ores of wide size distribution, as defined in Claim 13. Hereinafter, this method will be referred to as a three-stage reduction method.

[0015] Therefore, an advantage of the invention is to provide a fluidized-bed-type reduction apparatus and a method for reducing fine iron ores using the apparatus, which can efficiently reduce fine iron ores of wide size ranges in a stably fluidized state, thereby considerably decreasing the elutriation of the particles, increasing the reduction rate and enhancing the efficiency of the reducing gas.

[0016] In accordance with this advantage, an apparatus comprising serially arranged, multi-stage fluidized bed type furnaces is invented. In this system, each reactor is in tapered shape, i.e. the diameter of the reactor increases in the upper direction in order to stably fluidize fine iron ore of wide grain size ranges. The reduction apparatus includes a furnace for drying and preheating fine iron ore particles and, at least, one reduction furnace for reducing and dried/preheated iron ores.

### BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0017] Other aspects of the invention will become apparent from the following description of non-limiting embodiments in connection with the accompanying drawings in which:

Fig. 1 is a schematic diagram illustrating a conventional fluidized bed type reduction furnace for reducing iron ores; and

Fig. 2 is a schematic diagram illustrating a fluid bed type reduction apparatus for reducing fine iron ores in accordance with the present invention.

### DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

[0018] In Fig. 2, a three-stage fluidized-bed-type reduction apparatus for reducing fine iron ores of wide size distribution in accordance with the present invention is illustrated.

[0019] As shown in Fig. 2, the three-stage, fluidized-bed-type reduction apparatus 1 includes a furnace 10 for drying and preheating iron ores, which are supplied as a raw material from a hopper 70, in a bubbling fluidization state. A first cyclone 40, which serves to collect dusty iron ores contained in exhaust gas discharged from the drying/preheating furnace 10, is connected to the above-mentioned drying/preheating furnace 10. Under the drying/preheating furnace 10, a first reduction furnace 20 is arranged to receive the dried/preheated iron ores discharged from the drying/preheating furnace 10. In the first reduction furnace 20, the dried/pre-heated ores are pre-reduced in a bubbling fluidization state. A second cyclone 50 is connected to the first reduction furnace 20 in order to collect dusty iron ores contained in exhaust gas discharged from the first reduction furnace 20. A second reduction furnace 30 is also arranged under the first reduction furnace 20. The second reduction furnace 30 receives the pre-reduced iron ores from the first reduction furnace 20 and finally reduces the pre-heated iron ores in a bubbling fluidization state. A third cyclone 60 is connected to the second reduction furnace 30 in order to collect dusty iron ores contained in exhaust gas discharged from the second reduction furnace 30.

[0020] The drying/preheating furnace 10 is given in a tapered shape being smoothly expanded upwards. In details, the drying/preheating furnace 10 consists of an enlarged upper cylindrical section 101, an intermediate conical section 102 and a reduced lower cylindrical section 103. The drying/preheating furnace 10 is fitted with a first gas inlet 11 at the bottom portion for receiving exhaust gas from the first reduction furnace 20. Between the conical section 102 and the reduced cylindrical section 103, a first distributor 12 is installed to evenly distribute the exhaust gas supplied through the first gas inlet 11.

[0021] A portion of the side wall of the conical section 102 is fitted with a first ore inlet 18 through which iron ores are charged from the hopper 70 via an ore supply line 71. At another portion of the side wall of conical section 102 opposite to the portion fitted with the first ore inlet 18, the drying/preheating furnace 10 has a first ore outlet 13 for discharging the dried/preheated iron ores from the drying/preheating furnace 10 and a first dusty ore inlet 15 for receiving dusty iron ore particles captured by the first cyclone 40.

[0022] A first exhaust gas outlet 16 is provided at the upper portion of the enlarged cylindrical section 101. This first exhaust gas outlet 16 is connected to the first cyclone 40 via a first exhaust gas line 17.

[0023] The top portion of the first cyclone 40 is fitted up with a first cleaned gas discharge line 42 for outwardly discharging cleaned exhaust gas from the first cyclone 40. To the bottom portion of the first cyclone 40, one end of a first dusty ore discharge line 41 is connected. The other end of the first dusty ore discharge line 41 is connected to the first dusty ore inlet 15 attached to the conical section 102 of the drying/preheating furnace 10 so that the dusty iron ores captured by the first cyclone 40 is recycled to the drying/preheating furnace 10.

[0024] Similarly to the drying/preheating furnace 10, the first reduction furnace 20 is given in a tapered shape being smoothly expanded upwards. That is, the first reduction furnace 20 consists of an enlarged upper cylindrical section 201, an intermediate conical section 202 and a reduced lower cylindrical section 203. The first reduction furnace 20 is also fitted with a second gas inlet 21 at the bottom portion for receiving exhaust gas from the second reduction furnace 30. Between the conical section 202 and the reduced cylindrical section 203, a second distributor 22 is installed to evenly distribute the exhaust gas supplied through the second gas inlet 21.

[0025] At one side wall portion of the conical section 202, the first reduction furnace 20 has a second ore outlet 23 for discharging iron ores pre-reduced in the first reduction furnace 20, and a second ore inlet 28 for receiving the dried/preheated iron ore particles from the drying/preheating furnace 10. At the other side wall portion of the conical section 202, the first reduction furnace 20 has a second dusty ore inlet 25 for receiving dusty iron ores captured by the second cyclone 50.

[0026] A second exhaust gas outlet 26 is provided at the upper portion of the enlarged cylindrical section 201. This second exhaust gas outlet 26 is connected to the second cyclone 50 via a second exhaust gas line 27.

[0027] The top portion of the second cyclone 50 is connected to one end of a second cleaned exhaust gas line 52. To the bottom portion of the second cyclone 50, a second dusty ore discharge line 51 is connected.

[0028] The other end of the second cleaned exhaust gas line 52 is connected to the first gas inlet 11 attached to the bottom portion of the drying/preheating furnace 10 in order to supply exhaust gas, which becomes free of iron ores in the second cyclone 50, to the drying/preheating furnace 10. The other end of the second dusty ore discharge line 51 is connected to the second dusty ore inlet 25 attached to the conical section 202 of the first reduction furnace 20 so as that the dusty iron ores captured by the second cyclone 50 is recycled to the first reduction furnace 20.

[0029] The second ore inlet 28 of the first reduction furnace 20 is connected to the first ore outlet 13 of the drying/preheating furnace 10 with a first duct line 14.

[0030] Similar to the first reduction furnace 20, the second reduction furnace 30 is also given in a tapered shape being smoothly expanded upwards. That is, the second reduction furnace 30 consists of an enlarged upper cylindrical section 301, an intermediate conical section 302 and a reduced lower cylindrical section 303.

The second reduction furnace 30 is also fitted with a third gas supply port 31 at the bottom portion for receiving exhaust gas from a melter gasifier 80. Between the conical section 302 and the reduced cylindrical section 303, a third distributor 32 is installed to evenly distribute the exhaust gas supplied through the third gas inlet 31.

[0031] At one side wall portion of the conical section 302, the second reduction furnace 30 has a third ore inlet 38 for receiving the pre-reduced iron ores from the first reduction furnace 20. At the other side wall portion of the conical section 302, the second reduction furnace 30 has a third dusty ore inlet 35 for receiving dusty iron ores captured by the third cyclone 60 and a third ore outlet 33 for discharging iron ores finally reduced in the second reduction furnace 30.

[0032] At the upper portion of the enlarged cylindrical section 301, the second reduction furnace 30 has a third exhaust gas outlet 36 which is connected to the third cyclone 60 via a third exhaust gas line 37.

[0033] The top portion of the third cyclone 60 is connected to one end of a third cleaned exhaust gas line 62. To the bottom portion of the third cyclone 60, one end of a third dusty ore discharge line 61 is connected.

[0034] The other end of the third cleaned exhaust gas line 62 is connected to the second gas inlet 21 provided at the bottom portion of the first reduction furnace 20 in order to supply exhaust gas, which becomes free of iron ores in the third cyclone 60, to the first reduction furnace 20. The other end of the third dusty ore discharge line 61 is connected to the third dusty ore inlet 35 provided at the conical section 302 of the second reduction furnace 30 so that the dusty iron ores captured by the third cyclone 60 is recycled to the second reduction furnace 30.

[0035] The third ore inlet 38 of the second reduction furnace 30 is connected to the second ore outlet 23 of the first reduction furnace 20 with a second duct line 24.

[0036] The third ore outlet 33 is connected to the melter gasifier 80 through a third duct line 34 whereas the third gas inlet 31 is connected to the melter gasifier 80 through an exhaust gas line 82.

[0037] The bottom portion of the melter gasifier 80 is connected to a pig iron discharge line 81 for discharging pig iron produced by a smelting reduction operation in the melter gasifier 80.

[0038] At the curved portion of the first duct line 14, a gas supply port P is installed for supplying a small amount of gas to the first conduit 14 in order to prevent the conduit 14 from being plugged by iron ore particles being fed in the duct line 14. For the same purpose, another gas supply port P is installed at the curved portion of the second duct line 24.

[0039] Although the present invention has been described as embodying the reduction apparatus of the three-stage fluidized-bed-type, it may also be constructed or modified in the form of a two-stage fluidized-bed-type. The two-stage fluidized bed type reduction appa-

ratus has basically the same construction as that of the three-stage fluidized bed except that it includes only one reduction furnace which may be either the first or second reduction furnaces 20 and 30. In this case, iron ore particles dried and preheated in the drying/heating furnace 10 are almost completely reduced in the single furnace.

[0040] Preferably, the conical sections 102, 202 and 302 of the drying/preheating furnace 10, first reduction furnace 20 and second reduction furnace 30 have a taper angle ranging from 3° to 25°.

[0041] It is also preferred that the conical sections 102, 202 and 302 of the drying/preheating furnace 10, first reduction furnace 20 and second reduction furnace 30 have a height 5.0 to 9.0 times as long as the inner diameter at each lower end. On the other hand, the enlarged sections 101, 201 and 301 of the drying/preheating furnace 10, first reduction furnace 20 and second reduction furnace 30 preferably have a height 2.0 to 4.0 times as long as the inner diameter at the upper end of each corresponding conical section.

[0042] Now, a method for producing reduced iron or molten pig iron using the reduction apparatus of fluidized-bed-type of the present invention will be described.

[0043] As shown in FIG. 2, iron ores contained in the hopper 70 are supplied to the drying/preheating furnace 10 through the ore supply line 71 and first ore inlet 18. The drying/preheating furnace 10 is also supplied with exhaust gas from the first reduction furnace 20 through the second cyclone 50, the second cleaned exhaust gas line 52 and first gas inlet 11 in order. This exhaust gas is uniformly dispersed in the drying/preheating furnace 10 by means of the first distributor 12. By the uniformly dispersed gas, the iron ore particles supplied in the drying/preheating furnace 10 form a bubbling fluidized bed, and are dried and preheated in the fluidized bed. The dried/preheated iron ores are then fed to the first reduction furnace 20 via the first ore outlet 13 and first duct line 14.

[0044] The exhaust gas is discharged outward from the drying/preheating furnace 10, in which iron ores are dried and preheated by the gas before being exhausted, via the first exhaust gas outlet 16 and first exhaust gas line 17, first cyclone 40 and first cleaned exhaust gas line 42 in order. Dusty iron ores contained in the exhaust gas are captured by the first cyclone 40 and then recycled to the drying/preheating furnace 10 via the first dusty ore discharge line 41 and first dusty ore inlet 15.

[0045] The dried/preheated iron ores supplied in the first reduction furnace 20 are then pre-reduced while forming a bubbling fluidized bed by the exhaust gas which is fed to the first reduction furnace 20 via the third cyclone 60, third cleaned exhaust gas line 62, second gas inlet 21 and second distributor 22 in order. The pre-reduced iron ores are fed to the second reduction furnace 30 via the second ore outlet 23 and second duct line 24.

[0046] In the first reduction furnace 20, the exhaust gas from the second reduction furnace 30 is used for

the prereduction of the iron ores and then discharged from the first reduction furnace 20 via the second exhaust gas outlet 26 and second exhaust gas line 27, second cyclone 50 and second cleaned exhaust gas line 52 in order and then introduced into the drying/preheating furnace 10. Dusty iron ores contained in the exhaust gas are captured by the second cyclone 50 and then recycled to the first reduction furnace 20 via the second dusty ore discharge line 51 and second dusty ore inlet 25.

[0047] Meanwhile, the pre-reduced iron ores supplied in the second reduction furnace 30 are finally reduced while forming a bubbling fluidized bed by the exhaust gas which is generated from the melter gasifier 80 and supplied to the second reduction furnace 30 via the exhaust gas line 82, third gas inlet 31 and third distributor 32. The finally reduced iron ores are fed to the melter gasifier 80 via the third ore outlet 33 and third duct line 34.

[0048] The exhaust gas generated from the melter gasifier 80 is at first used for the final reduction of iron ore in the second reduction furnace and then is introduced into the first reduction furnace 20 after being discharged through the third exhaust gas discharge port 36 and third exhaust gas line 37, third cyclone 60 and third cleaned exhaust gas line 6. Dusty iron ores contained in the exhaust gas are captured by the third cyclone 60 and then recycled to the second reduction furnace 30 via the third dusty ore discharge line 61 and third dusty ore inlet 35.

[0049] The iron ore particles charged into the melter gasifier 80 is melted, thereby producing molten pig iron (hot metal).

[0050] On the other hand, it is preferred that the gas velocity at free board zone in each of the drying/preheating furnace 10, first reduction furnace 20 and second reduction furnace 30 is kept within 1.0 to 3.0 times the minimum gas velocity required for fluidizing iron ore particles of the mean grain size staying in the relevant furnace.

[0051] For the drying/preheating furnace 10, first reduction furnace 20 and second reduction furnace 30, the pressure drop in the furnace preferably ranges from 0.3 to 0.6 atm. and the temperature drop in the furnace preferably ranges from 30 to 80°C. It is also preferred that the pressure and temperature of gas supplied to the second reduction furnace 30 range from 2 to 4 atm. and 800 to 900°C, respectively.

[0052] Preferably, the residence time of iron ore particles in each furnace is 20 to 40 minutes.

[0053] Although the method of the present invention has been described for reducing fine iron ores by use of the three-stage fluidized bed type reduction apparatus, it may be also used in a two-stage fluidized-bed-type reduction apparatus for the reduction of fine iron ores. As mentioned above, the two-stage fluidized-bed-type reduction apparatus has basically the same construction as that of the three-stage fluidized bed except that

it includes only one reduction furnace. In the case using the two-stage fluidized-bed-type reduction apparatus, iron ores dried and preheated in the drying/heating furnace are almost completely reduced in the single furnace.

[0054] In this case, it is preferred that the gas velocity in free board zone of either the drying/preheating furnace or single reduction furnace is kept within 1.0 to 3.0 times the minimum gas velocity required for fluidizing iron ore particles of the mean grain size staying in the relevant furnace.

[0055] For either the drying/preheating furnace or the single reduction furnace, the pressure drop occurring in the furnace preferably ranges from 0.3 to 0.6 atm. and the temperature drop occurring in the furnace preferably ranges from 30 to 80°C. It is also preferred that the pressure and temperature of gas supplied to the reduction furnace range from 2 to 4 atm. and 800 to 900°C, respectively.

[0056] It is also preferred that the residence time of iron ore particles in each furnace be 30 to 50 minutes.

[0057] As apparent from the above description, each furnace employed in accordance with the present invention is given in tapered shape, i.e., the diameter of the furnace increases in the upper direction so as to stably fluidize iron ore particles of wide grain size ranges. With such a shape, it is possible not only to ensure the fluidization of coarse iron ore particles, but also to more stably fluidize fine iron ore particles, thereby achieving an efficient reduction of fine iron ores. In accordance with the present invention, the reduction of fine iron ores is achieved in multiple stages, for example, three stages comprising the drying/preheating, first reduction and second reduction stages all having different operations. In accordance with the present invention, exhaust gas generated from each furnace is efficiently used, thereby reducing the fuel consumption.

[0058] The reason why the reduction of fine iron ores is efficiently carried out by virtue of the furnace construction according to the present invention will now be described in more detail. Since the cross-sectional area of the furnace of the present invention gradually increases toward the upper end of the furnace, the gas velocity in the furnace gradually decreases toward the upper end of the furnace. Accordingly, coarse iron ore particles mostly distributed near the distributor installed at the lower part of the furnace can be well fluidized at a high gas velocity. On the other hand, fine iron ore particles mostly distributed at the upper part of the furnace can be appropriately fluidized at medium/low gas velocity while being suppressed not to be elutriated. Accordingly, the residence time of iron ore particles in the furnace can be kept constant irrespective of the grain size. Therefore, iron ores of wide grain size ranges can be efficiently reduced while maintaining a stably fluidized state. The reduction apparatus of the present invention comprises serially-arranged, multi-stage fluidized bed type furnaces, namely, the drying/preheating furnace for

drying and preheating fine iron ores, the first reduction furnace for pre-reducing the dried/preheated fine iron ores, and the second reduction furnace for finally reducing the pre-reduced iron ore particles. In this apparatus, exhaust gas generated from each furnace is used as a reducing gas for the preceding reduction stage, thereby increasing the utilization degree of the reducing gas. Therefore, the apparatus and method of the present invention provide an economical efficiency of great interest.

[0059] The present invention will be understood more readily with reference to the following example; however this example is only intended to illustrate the invention and is not to be construed to limit the scope of the present invention.

#### Example

[0060] A fluidized bed type reduction apparatus having the construction as shown in FIG. 2 was prepared. This fluidized bed type reduction apparatus had the following dimension:

#### 1) Inner Diameter and Height of Each Fluidized Bed

[0061] Type Furnace (Drying/Preheating Furnace, First Reduction Furnace and Second Reduction Furnace)

- Inner Diameter of Conical Section at Lower End : 0.3 m;
- Height of Conical Section : 1.9 m;
- Inner Diameter of Conical Section at Upper End : 0.7 m;
- Height of Each Cylindrical Section : 2.0 m; and
- Taper Angle of Conical Section : 6°

[0062] Fine iron ores were then charged into the drying/preheating furnace 10 of the fluidized bed type reduction apparatus made as mentioned above, and at the same time a reducing gas was also supplied to the second reducing furnace 30 through the third gas inlet 31 and third gas distributor 32 both installed at the second reducing furnace 30.

[0063] The fine iron ores were dried and preheated while forming a bubbling fluidized bed by the reducing gas. After being dried and preheated, the iron ores were fed to the first reduction furnace 20, in which they were, in turn, pre-reduced. After being pre-reduced, the iron ores were fed to the second reduction furnace 30 and then finally reduced. The iron ores from the second reduction furnace 30 were then fed to the melter gasifier 80. In the melter gasifier, the iron ores were melted. The following conditions were used in the above process:

## 2) Charge and Discharge of Iron Ore Particles

### [0064]

- Composition of Fine Iron Ores T.Fe: 62.36%, SiO<sub>2</sub>: 5.65%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 2.91%, S: 0.007%, and P: 0.065%;
- Particle Size Range - 0.25 mm = 22%, 0.25 mm - 1.0 mm = 28%, and 1.0 mm - 5.0 mm = 50%;
- Feed Rate 20 Kg/min
- Discharge Rate from Third Ore Discharge Port 14.3 Kg/min

## 3) Reducing Gas

### [0065]

- Composition : CO: 65%, H<sub>2</sub>: 25%, and CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O: 10%;
- Temperature : about 850°C; and
- Pressure : 3.3 Kg/cm<sup>2</sup>

## 4) Gas Velocity in Each Furnace (Drying/Preheating Furnace, First Reduction Furnace and Second Reduction Furnace)

### [0066]

- Gas Velocity at Lower End of Conical Section : 1.5 m/s; and
- Gas Velocity at Upper End of Conical Section : 0.27 m/s

[0067] After 60 minutes from the beginning of the reduction, the discharge of reduced iron started. In this test, the average utilization degree of the gas was about 25% whereas the average reduction degree was 87%. The loss of iron ores caused by the elutriation of dusty iron ores was 0.5%. From this result, it can be concluded that the present invention greatly reduces the loss of iron ores compared to the conventional cylindrical fluidized bed of which usual loss of iron ores ranges from 8 to 10%.

[0068] As apparent from the above description, the present invention, a fluidized-bed-type reduction apparatus and a method for reducing iron ore particles using the apparatus, is capable of suppressing the elutriation of dusty iron ores in reduction furnaces, thereby reducing the loss of iron ores as well as increasing the reduction degree. In accordance with the present invention, the reduction apparatus comprises three fluidized-bed-type furnaces, thereby increasing the utilization degree of exhaust gas and reducing fuel consumption.

[0069] Although the preferred embodiments of the invention have been disclosed for illustrative purposes, those skilled in the art will appreciate that various modifications, additions and substitutions are possible. For example, although the present invention has been described in conjunction with the two- or three-stage fluid-

ized bed type reduction apparatus and reduction method using this apparatus, it may be applied to reduction apparatus and method capable of reducing iron ore particles in at least four fluidization stages.

## Claims

1. A fluidized bed type reduction apparatus (1) for reducing iron ore particles, comprising:

a fluidized-bed drying/preheating furnace (10) for drying and preheating fine iron ores supplied from a hopper (70), a fluidized-bed reduction furnace (20) for finally reducing the fine iron ores dried and preheated in the drying/preheating furnace (10), a first cyclone (40) for capturing dusty iron ores contained in an exhaust gas discharged from the drying/preheating furnace (10) and recycling the captured dusty iron ores to the drying/preheating furnace (10) while outwardly discharging cleaned exhaust gas, free of the dusty iron ores; and

a second cyclone (50) for capturing dusty iron ores contained in an exhaust gas discharged from the reduction furnace (20) and recycling the captured dusty iron ores to the reduction furnace (20) while supplying cleaned exhaust gas, free of the dusty iron ores, to the drying/preheating furnace (10),

the drying/preheating furnace (10) including a first enlarged upper cylindrical section (101), a first intermediate conical section (102) and a first reduced lower cylindrical section (103), the first intermediate conical section (102) having a tapered shape being smoothly expanded in an upward direction, the drying/preheating furnace (10) further including a first gas inlet (11) provided at a bottom portion of the first reduced cylindrical section (103), a first distributor (12) installed at an upper portion of the first reduced cylindrical section (103), a first ore inlet (18) provided at one side wall portion of the first conical section (102), a first ore outlet (13) provided at the other side wall portion of the first conical section (102), a first dusty ore inlet (15) provided at the other side wall portion of the first conical section, and a first exhaust gas outlet (16) provided at an upper portion of the first enlarged cylindrical section (101);

the reduction furnace including a second enlarged upper cylindrical section (201), a second intermediate conical section (202) and a second reduced lower cylindrical section (203), the second intermediate conical section having a tapered shape being smoothly expanded in an upward direction, the reduction furnace further including a second gas inlet (21) provided at a



bottom portion of the second reduced cylindrical section, a second distributor (22) installed at an upper portion of the second reduced cylindrical section, a second ore inlet (28) provided at one side wall portion of the second conical section, a second ore outlet (23) provided at one side wall portion of the second conical section, a second dusty ore inlet (25) provided at another side wall portion of the second conical section, and a second exhaust gas outlet (26) provided at an upper portion of the second enlarged cylindrical section;

the first cyclone being connected to the first outlet via a first exhaust gas line (17), being connected to the first dusty ore inlet via a first dusty ore discharge line (41), and being connected at a top portion thereof to a first cleaned exhaust gas line (42) open to the atmosphere;

the second cyclone (50) being connected to the second exhaust gas outlet via a second exhaust gas discharge line (27), being connected to the second dusty ore inlet via a second dusty ore discharge line (51), and being connected to the first gas inlet via a second cleaned exhaust gas line (52);

a first duct line (14) for connecting the first ore outlet (13) and the second ore inlet (28) so that the iron ore particles are fed therethrough; a second duct line (24) for connecting the second ore outlet (23) to a melter gasifier (80) so that the iron ore particles are fed to the melter gasifier therethrough; and

an exhaust gas line for connecting the second gas inlet to the melter gasifier (80).

2. A fluidized-bed-type reduction apparatus (1) for reducing iron ore particles, comprising:

a fluidized-bed drying/preheating furnace (10) for drying and preheating fine iron ores supplied from a hopper (70), a first fluidized-bed reduction furnace (20) for pre-reducing the fine iron ores dried and preheated in the drying/preheating furnace (10), a second fluidized-bed reduction furnace (30) for finally reducing the fine iron ores pre-reduced in the first reduction furnace, a first cyclone (40) for capturing dusty iron ores contained in an exhaust gas discharged from the drying/preheating furnace (10) and recycling the captured dusty iron ore particles to the drying/preheating furnace (10) while outwardly discharging cleaned exhaust gas, free of the dusty iron ore particles;

a second cyclone (50) for capturing dusty iron ores contained in an exhaust gas discharged from the first reduction furnace (20) and recycling the captured dusty iron ores to the first reduction furnace (20) while supplying cleaned

exhaust gas, free of the dusty iron ores, to the drying/preheating furnace (10), a third cyclone (60) for capturing dusty iron ores contained in an exhaust gas discharged from the second reduction furnace (30) and recycling the captured dusty iron ores to the second reduction furnace (30) while supplying clean exhaust gas, free of the dusty iron ores, to the first reduction furnace (20),

the drying/preheating furnace (10) including a first enlarged upper cylindrical section (101), a first intermediate conical section (102) and a first reduced lower cylindrical section (103), the first intermediate conical section (102) having a tapered shape being smoothly expanded in an upward direction, the drying/preheating furnace (10) further including a first gas inlet (11) provided at a bottom portion of the first reduced cylindrical section (103), a first distributor (12) installed at an upper portion of the first reduced cylindrical section (103), a first ore inlet (18) provided at one side wall portion of the first conical section (102), a first ore outlet (13) provided at another side wall portion of the first conical section (102), a first dusty ore inlet (15) provided at the other side wall portion of the first conical section (102), and a first exhaust gas outlet (16) provided at an upper portion of the first enlarged cylindrical section (101);

the first reduction furnace (20) including a second enlarged upper cylindrical section (201), a second intermediate conical section (202) and a second reduced lower cylindrical section (203), the second intermediate conical section (202) having a tapered shape being smoothly expanded in an upward direction, the first reduction furnace (20) further including a second gas inlet (21) provided at a bottom portion of the second reduced cylindrical section (203), a second distributor (22) installed at an upper portion of the second reduced cylindrical section (203), a second ore inlet (28) provided at one side wall portion of the second conical section (202), a second ore outlet (23) provided at one side wall portion of the second conical section (202), a second dusty ore inlet (25) provided at the other side wall portion of the second conical section (202); and a second exhaust gas discharge port (26) provided at an upper portion of the second enlarged cylindrical section (201);

the second reduction furnace (30) including a third enlarged upper cylindrical section (301), a third intermediate conical section (302) and a third reduced lower cylindrical section (303), the third intermediate conical section (302) having a tapered shape being smoothly expanded in an upward direction, the second reduction



furnace (30) further including a third gas inlet (31) provided at a bottom portion of the third reduced cylindrical section (303), a third distributor (32) installed at an upper portion of the third reduced cylindrical section (303), a third ore inlet (38) provided at one side wall portion of the third conical section (302), a third ore outlet (33) provided at another side wall portion of the third conical section (302), a third dusty ore inlet (35) provided at a side wall portion of the third conical section (302), a third dusty ore outlet (36) provided at another side wall portion of the third conical section, and a third exhaust gas discharge port (36) provided at an upper portion of the third enlarged cylindrical section (301);

the first cyclone (40) being connected to the first exhaust gas outlet (16) via a first exhaust gas discharge line (17), being connected to the first dusty ore inlet via a first dusty ore discharge line (41), and being connected at a top portion thereof to a first cleaned exhaust gas line (42) open to the atmosphere;

the second cyclone (50) being connected to the second exhaust gas outlet (26) via a second cleaned exhaust gas line (27), being connected to the second dusty ore inlet (25) via a second dusty ore discharge line (51), and connected to the first gas inlet (11) via a second cleaned exhaust gas line (52);

the third cyclone (60) being connected to the third exhaust gas outlet (36) via a third exhaust gas line (37), being connected to the third dusty ore inlet (35) via a third dusty ore discharge line (61), and being connected to the second gas inlet (21) via a third cleaned exhaust gas line (62);

a first duct line (14) for connecting the first ore outlet (13) and the second ore inlet (28) so that the iron ore particles are fed therethrough;

a second duct line (24) for connecting the second ore outlet (23) and the third ore inlet (38) so that the iron ore particles are fed therethrough;

a third duct line (34) for connecting the third ore outlet (33) to a melter gasifier (80); and

an exhaust gas line (82) for connecting the third gas inlet (31) to the melter gasifier (80).

3. The fluidized-bed-type reduction apparatus in accordance with Claim 1 or Claim 2, wherein each of the conical sections (102,202,302) has a taper angle in the range from 3° to 25°.
4. The fluidized-bed-type reduction apparatus in accordance with any preceding claim, wherein the first and second duct lines (14,24) are provided at their bent portions with gas supply ports (P) for supplying

a small amount of gas to each corresponding duct line.

5. The fluidized-bed-type reduction apparatus in accordance with any preceding claim, wherein each of the conical sections (102,202,302) has a height 5.0 to 9.0 times as long as the inner diameter at the lower end thereof, and each of the enlarged cylindrical sections (101,201,301) has a height 2.0 to 4.0 times as long as the inner diameter of each corresponding conical section at the upper end thereof.
6. The fluidized bed type reduction apparatus in accordance with Claim 1, further comprising at least one reduction furnace including an enlarged upper cylindrical section, an intermediate conical section and a reduced lower cylindrical section, the intermediate conical section having a tapered shape being smoothly expanded upwards.
7. Use of an apparatus, according to Claim 1, for reducing fine iron ores; the use comprising the steps of:
  - drying/preheating the fine iron ores in the said fluidized-bed-type drying/preheating furnace and finally reducing the dried/preheated iron ores in the said fluidized-bed-type reduction furnace, characterized in that:
    - the fine iron ores are dried and preheated in a bubbling fluidization state in the fluidized-bed-type drying/preheating furnace; and
    - the dried/preheated fine iron ores are reduced in a bubbling fluidization state in the fluidized-bed-type reduction furnace
8. Use in accordance with Claim 7, wherein the gas velocity at free board zone of either the drying/preheating furnace (10) or reduction furnace (20;30) is kept within 1.0 to 3.0 times the minimum gas velocity required for fluidizing iron ore particles of the mean grain size staying in the relevant furnace.
9. Use in accordance with Claim 7 or 8, wherein the pressure of gas supplied to the or each reduction furnace (20;30) ranges from 2 to 4 atm., and the pressure drop occurring in either the drying/preheating furnace (10) or the or each reduction furnace (20;30) ranges from 0.3 to 0.6 atm.
10. Use in accordance with any of Claims 8 to 10, wherein the temperature of gas supplied to the or each reduction furnace (20,30) ranges from 800 to 900°C, and the temperature drop occurring in either the drying/preheating furnace (10) or the or each reduction furnace (20,30) ranges from 30 to 80°C.
11. Use in accordance with Claim 7 or 8, wherein the

residence time of iron ore particles in either the drying/preheating furnace (10) or the or each reduction furnace (20,30) ranges from 30 to 50 minutes.

12. Use in accordance with Claim 9 or Claim 10, wherein the residence time of iron ore particles in either the drying/preheating furnace (10) or the or each reduction furnace (20,30) ranges from 30 to 50 minutes.

13. Use of an apparatus, according to Claim 2, for reducing iron ore particles, the use comprising the steps of:

drying and preheating the iron ore particles in the said fluidized-bed-type drying/preheating furnace, pre-reducing the dried/preheated fine iron ores in the said first fluidized-bed-type reduction furnace and finally reducing the prereduced fine iron ores in the said second fluidized-bed-type reduction furnace,

characterized in that:

the fine iron ores are dried and preheated in a bubbling fluidization state in the fluidized-bed-type drying/preheating furnace;  
the dried/preheated fine iron ores are pre-reduced in a bubbling fluidization state in the first fluidized-bed-type reduction furnace; and  
the pre-reduced fine iron ores are finally reduced in a bubbling fluidization state in the second fluidized-bed-type reduction furnace

14. Use in accordance with Claim 13, wherein the gas velocity at free board zone in each of the drying/preheating furnace (10), first reduction furnace (20) and second reduction furnace (30) is kept within 1.0 to 3.0 times the minimum gas velocity required for fluidizing iron ore particles of the mean grain size staying in the associated furnace.

15. Use in accordance with Claim 13 or 14, wherein the pressure of gas supplied to the second reduction furnace (30) ranges from 2 to 4 atm., and the pressure drop occurring in the drying/preheating furnace (10), the first reduction furnace (20), or the second reduction furnace (30) ranges from 0.3 to 0.6 atm.

16. Use in accordance with any of Claims 13 to 15, wherein the temperature of gas supplied to the second reduction furnace (30) ranges from 800 to 900°C, and the temperature drop occurring in each of the drying/preheating furnace (10), the first reduction furnace (20) and second reduction furnace (30) ranges from 30 to 80°C.

17. Use in accordance with any of Claims 13 to 16, wherein the residence time of iron ore particles in

each of the drying/preheating furnace (10), first reduction furnace (20) and second reduction furnace (30) ranges from 20 to 40 minutes.

## Patentansprüche

1. Wirbelschichtreduktionsvorrichtung (1) zur Reduktion von Eisenerzpartikeln mit:

- einem Wirbelschicht-Trocken-/Vorwärmofen (10) zum Trocknen und Vorwärmen feiner Eisenerze, die aus einem Trichter (70) zugeführt werden, einem Wirbelschichtreduktionsofen (20) zum abschließenden Reduzieren der feinen Eisenerze, die in dem Trocken-/Vorwärmofen (10) getrocknet und vorgewärmt wurden, einem ersten Zyklon (40) zum Auffangen von Eisenerzstaub, der in einem Abgas enthalten ist, welches aus dem Trocken-/Vorwärmofen (10) abgelassen wird, und zum erneuten Zuführen des aufgefangenen Eisenerzstaubes an den Trocken-/Vorwärmofen (10), wobei das gereinigte Abgas, das frei von Eisenerzstaub ist, nach draußen abgelassen wird, und
- einem zweiten Zyklon (50) zum Auffangen von Eisenerzstaub, der in einem Abgas enthalten ist, welches aus dem Reduktionsofen (20) abgelassen wird, und zum erneuten Zuführen des aufgefangenen Eisenerzstaubes an den Reduktionsofen (20), wobei das gereinigte Abgas, das frei von Eisenerzstaub ist, dem Trocken-/Vorwärmofen (10) zugeführt wird,
- wobei der Trocken-/Vorwärmofen (10) ein erstes vergrößertes zylindrisches oberes Teilstück (101), ein erstes konisches mittleres Teilstück (102) und ein erstes verkleinertes zylindrisches unteres Teilstück (103) umfasst, wobei das erste konische mittlere Teilstück (102) eine sich verjüngende Gestalt hat, die sich gleichmäßig nach oben erweitert, und wobei der Trocken-/Vorwärmofen (10) ferner einen ersten Gaseinlass (11), der an einem unteren Abschnitt des ersten verkleinerten zylindrischen Teilstückes (103) bereitgestellt ist, einen ersten Verteiler (12), der an einem oberen Abschnitt des ersten verkleinerten zylindrischen Teilstückes (103) angebracht ist, einen ersten Erzeinlass (18), der an einem Seitenwandabschnitt des ersten konischen Teilstückes (102) bereitgestellt ist, einen ersten Erzauslass (13), der an dem anderen Seitenwandabschnitt des ersten konischen Teilstückes (102) bereitgestellt ist, einen ersten Erzstaubeinlass (15), der an dem anderen Seitenwandabschnitt des ersten konischen Teilstückes bereitgestellt ist, und einen ersten Abgasauslass (16) umfasst,

- der an einem oberen Abschnitt des ersten vergrößerten zylindrischen Teilstückes (101) bereitgestellt ist,
- wobei der Reduktionsofen ein zweites vergrößertes zylindrisches oberes Teilstück (201), ein zweites konisches mittleres Teilstück (202) und ein zweites verkleinertes zylindrisches unteres Teilstück (203) umfasst, wobei das zweite konische mittlere Teilstück eine sich verjüngende Gestalt hat, die sich gleichmäßig nach oben erweitert, und wobei der Reduktionsofen ferner einen zweiten Gaseinlass (21), der an einem unteren Abschnitt des zweiten verkleinerten zylindrischen Teilstückes bereitgestellt ist, einen zweiten Verteiler (22), der an einem oberen Abschnitt des zweiten verkleinerten zylindrischen Teilstückes angebracht ist, einen zweiten Erzeinlass (28), der an einem Seitenwandabschnitt des zweiten konischen Teilstückes bereitgestellt ist, einen zweiten Erzauslass (23), der an einem Seitenwandabschnitt des zweiten konischen Teilstückes bereitgestellt ist, einen zweiten Erzstaubeinlass (25), der an einem anderen Seitenwandabschnitt des zweiten konischen Teilstückes bereitgestellt ist, und einen zweiten Abgasauslass (26) umfasst, der an einem oberen Abschnitt des zweiten vergrößerten zylindrischen Teilstückes bereitgestellt ist, wobei der erste Zyklon mit dem ersten Auslass über eine erste Abgasleitung (17), mit dem ersten Erzstaubeinlass über eine erste Erzstaubablassleitung (41) und an einem oberen Abschnitt desselben mit einer ersten Leitung für gereinigtes Abgas (42), die in die Atmosphäre mündet, verbunden ist,
  - wobei der zweite Zyklon (50) mit dem zweiten Abgasauslass über eine zweite Abgasablassleitung (27), mit dem zweiten Erzstaubeinlass über eine zweite Erzstaubablassleitung (51) und mit dem ersten Gaseinlass über eine zweite Leitung für gereinigtes Abgas (52) verbunden ist,
  - einer ersten Rohrleitung (14) zur Verbindung des ersten Erzauslasses (13) mit dem zweiten Erzeinlass (28), so dass die Eisenerzpartikel durch sie hindurchgeführt werden können,
  - einer zweiten Rohrleitung (24) zur Verbindung des zweiten Erzauslasses (23) mit einem Schmelzvergaser (80), so dass die Eisenerzpartikel durch sie dem Schmelzvergaser zugeführt werden können, und
  - einer Abgasleitung zur Verbindung des zweiten Gaseinlasses mit dem Schmelzvergaser (80).
2. Wirbelschichtreduktionsvorrichtung (1) zur Reduktion von Eisenerzpartikeln mit:
- einem Wirbelschicht-Trocken-/Vorwärmofen

(10) zum Trocknen und Vorwärmen feiner Eisenerze, die aus einem Trichter (70) zugeführt werden, einem ersten Wirbelschichtreduktionsofen (20) zum Vorreduzieren der feinen Eisenerze, die in dem Trocken-/Vorwärmofen (10) getrocknet und vorgewärmt wurden, einem zweiten Wirbelschichtreduktionsofen (30) zum abschließenden Reduzieren der feinen Eisenerze, die in dem ersten Reduktionsofen vorreduziert wurden, einem ersten Zyklon (40) zum Auffangen von Eisenerzstaub, der in einem Abgas enthalten ist, welches aus dem Trocken-/Vorwärmofen (10) abgelassen wird, und zum erneuten Zuführen der aufgefundenen Eisenerzstaubpartikel an den Trocken-/Vorwärmofen (10), wobei das gereinigte Abgas, das frei von Eisenerzstaubpartikeln ist, nach draußen abgelassen wird, und

- einem zweiten Zyklon (50) zum Auffangen von Eisenerzstaub, der in einem Abgas enthalten ist, welches aus dem ersten Reduktionsofen (20) abgelassen wird, und zum erneuten Zuführen des aufgefundenen Eisenerzstaubes an den ersten Reduktionsofen (20), wobei das gereinigte Abgas, das frei von Eisenerzstaub ist, dem Trocken-/Vorwärmofen (10) zugeführt wird, einem dritten Zyklon (60) zum Auffangen von Eisenerzstaub, der in einem Abgas enthalten ist, welches aus dem zweiten Reduktionsofen (30) abgelassen wird, und zum erneuten Zuführen des aufgefundenen Eisenerzstaubes an den zweiten Reduktionsofen (30), wobei das gereinigte Abgas, das frei von Eisenerzstaub ist, dem ersten Reduktionsofen (20) zugeführt wird,
- wobei der Trocken-/Vorwärmofen (10) ein erstes vergrößertes zylindrisches oberes Teilstück (101), ein erstes konisches mittleres Teilstück (102) und ein erstes verkleinertes zylindrisches unteres Teilstück (103) umfasst, wobei das erste konische mittlere Teilstück (102) eine sich verjüngende Gestalt hat, die sich gleichmäßig nach oben erweitert, und wobei der Trocken-/Vorwärmofen (10) ferner einen ersten Gaseinlass (11), der an einem unteren Abschnitt des ersten verkleinerten zylindrischen Teilstückes (103) bereitgestellt ist, einen ersten Verteiler (12), der an einem oberen Abschnitt des ersten verkleinerten zylindrischen Teilstückes (103) angebracht ist, einen ersten Erzeinlass (18), der an einem Seitenwandabschnitt des ersten konischen Teilstückes (102) bereitgestellt ist, einen ersten Erzauslass (13), der an einem anderen Seitenwandabschnitt des ersten konischen Teilstückes (102) bereitgestellt ist, einen ersten Erzstaubeinlass (15), der an dem anderen Seitenwandabschnitt des ersten konischen Teilstückes (102) bereitge-

stellt ist, und einen ersten Abgasauslass (16) umfasst, der an einem oberen Abschnitt des ersten vergrößerten zylindrischen Teilstückes (101) bereitgestellt ist,

- wobei der erste Reduktionsofen (20) ein zweites vergrößertes zylindrisches oberes Teilstück (201), ein zweites konisches mittleres Teilstück (202) und ein zweites verkleinertes zylindrisches unteres Teilstück (203) umfasst, wobei das zweite konische mittlere Teilstück (202) eine sich verjüngende Gestalt hat, die sich gleichmäßig nach oben erweitert, und wobei der erste Reduktionsofen (20) ferner einen zweiten Gaseinlass (21), der an einem unteren Abschnitt des zweiten verkleinerten zylindrischen Teilstückes (203) bereitgestellt ist, einen zweiten Verteiler (22), der an einem oberen Abschnitt des zweiten verkleinerten zylindrischen Teilstückes (203) angebracht ist, einen zweiten Erzeinlass (28), der an einem Seitenwandabschnitt des zweiten konischen Teilstückes (202) bereitgestellt ist, einen zweiten Erzeauslass (23), der an einem Seitenwandabschnitt des zweiten konischen Teilstückes (202) bereitgestellt ist, einen zweiten Erzstaubeinlass (25), der an dem anderen Seitenwandabschnitt des zweiten konischen Teilstückes (202) bereitgestellt ist, und eine zweite Abgasablassöffnung (26) umfasst, die an einem oberen Abschnitt des zweiten vergrößerten zylindrischen Teilstückes (201) bereitgestellt ist,
- wobei der zweite Reduktionsofen (30) ein drittes vergrößertes zylindrisches oberes Teilstück (301), ein drittes konisches mittleres Teilstück (302) und ein drittes verkleinertes zylindrisches unteres Teilstück (303) umfasst, wobei das dritte konische mittlere Teilstück (302) eine sich verjüngende Gestalt hat, die sich gleichmäßig nach oben erweitert, und wobei der zweite Reduktionsofen (30) ferner einen dritten Gaseinlass (31), der an einem unteren Abschnitt des dritten verkleinerten zylindrischen Teilstückes (303) bereitgestellt ist, einen dritten Verteiler (32), der an einem oberen Abschnitt des dritten verkleinerten zylindrischen Teilstückes (303) angebracht ist, einen dritten Erzeinlass (38), der an einem Seitenwandabschnitt des dritten konischen Teilstückes (302) bereitgestellt ist, einen dritten Erzeauslass (33), der an einem anderen Seitenwandabschnitt des dritten konischen Teilstückes (302) bereitgestellt ist, einen dritten Erzstaubeinlass (35), der an einem Seitenwandabschnitt des dritten konischen Abschnitts (302) bereitgestellt ist, einen dritten Erzstaubauslass (36), der an einem anderen Seitenwandabschnitt des dritten konischen Teilstückes bereitgestellt ist, und eine dritte Abgasablassöffnung (36) umfasst, die an einem

oberen Abschnitt des dritten vergrößerten zylindrischen Teilstückes (301) bereitgestellt ist,

- wobei der erste Zyklon (40) mit dem ersten Abgasauslass (16) über eine erste Abgasablassleitung (17), mit dem ersten Erzstaubeinlass über eine erste Erzstaubablassleitung (41) und an einem oberen Abschnitt desselben mit einer ersten Leitung für gereinigtes Abgas (42), die in die Atmosphäre mündet, verbunden ist,
  - wobei der zweite Zyklon (50) mit dem zweiten Abgasauslass (26) über eine zweite Leitung für gereinigtes Abgas (27), mit dem zweiten Erzstaubeinlass (25) über eine zweite Erzstaubablassleitung (51) und mit dem ersten Gaseinlass (11) über eine zweite Leitung für gereinigtes Abgas (52) verbunden ist,
  - wobei der dritte Zyklon (60) mit dem dritten Abgasauslass (36) über eine dritte Abgasleitung (37), mit dem dritten Erzstaubeinlass (35) über eine dritte Erzstaubablassleitung (61) und mit dem zweiten Gaseinlass (21) über eine dritte Leitung für gereinigtes Abgas (62) verbunden ist,
  - einer ersten Rohrleitung (14) zur Verbindung des ersten Erzeauslasses (13) mit dem zweiten Erzeinlass (28), so dass die Eisenerzpartikel durch sie hindurchgeführt werden können,
  - einer zweiten Rohrleitung (24) zur Verbindung des zweiten Erzeauslasses (23) mit einem dritten Erzeinlass (38), so dass die Eisenerzpartikel durch sie hindurchgeführt werden können,
  - einer dritten Rohrleitung (34) zur Verbindung des dritten Erzeauslasses (33) mit einem Schmelzvergaser (80), und
  - einer Abgasleitung (82) zur Verbindung des dritten Gaseinlasses (31) mit dem Schmelzvergaser (80).
3. Wirbelschichtreduktionsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der jedes der konischen Teilstücke (102, 202, 302) einen Verjüngungswinkel zwischen 3° und 25° hat.
  4. Wirbelschichtreduktionsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die ersten und zweiten Rohrleitungen (14, 24) an ihren gebogenen Abschnitten mit Gaszufuhröffnungen (P) versehen sind, um jeder entsprechenden Rohrleitung eine geringe Gasmenge zuführen zu können.
  5. Wirbelschichtreduktionsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der jedes der konischen Teilstücke (102, 202, 302) eine Höhe hat, die dem 5,0- bis 9,0fachen des Innendurchmessers an dessen unterem Ende entspricht, und jedes der vergrößerten zylindrischen Teilstücke (101, 201, 301) eine Höhe hat, die dem 2,0- bis 4,0fachen des Innendurchmessers jedes entsprechenden koni-

schen Teilstückes an dessen oberem Ende entspricht.

6. Wirbelschichtreduktionsvorrichtung nach Anspruch 1, die ferner zumindest einen Reduktionsofen umfasst, der ein vergrößertes zylindrisches oberes Teilstück, ein konisches mittleres Teilstück und ein verkleinertes zylindrisches unteres Teilstück aufweist, wobei das konische mittlere Teilstück eine sich verjüngende Gestalt hat, die sich gleichmäßig nach oben erweitert. 5
7. Verwendung einer Vorrichtung nach Anspruch 1 zur Reduzierung feiner Eisenerze, wobei die Verwendung die folgenden Schritte umfasst: 10
  - das Trocknen/Vorwärmen der feinen Eisenerze in dem Wirbelschicht-Trocken-/Vorwärmofen und das abschließende Reduzieren der getrockneten/vorgewärmten Eisenerze in dem Wirbelschichtreduktionsofen, 20

dadurch gekennzeichnet, dass

  - die feinen Eisenerze in einem wallenden, fluidisierten Zustand in dem Wirbelschicht-Trocken-/Vorwärmofen getrocknet und vorgewärmt werden, und 25
  - die getrockneten/vorgewärmten feinen Eisenerze in einem wallenden, fluidisierten Zustand in dem Wirbelschichtreduktionsofen reduziert werden. 30- 8. Verwendung nach Anspruch 7, wobei die Gasgeschwindigkeit in einem Freibordbereich des Trocken-/Vorwärmofens (10) oder des Reduktionsofens (20, 30) jeweils auf dem 1,0- bis 3,0fachen der minimalen Gasgeschwindigkeit gehalten wird, die zum Fluidisieren von Eisenerzpartikeln mittlerer Korngröße, die in dem relevanten Ofen verbleiben, erforderlich ist. 35 40
- 9. Verwendung nach Anspruch 7 oder 8, wobei der Druck des dem oder jedem Reduktionsofen (20, 30) zugeführten Gases zwischen 2 bis 4 Atm. beträgt und der Druckabfall, der in dem Trocken-/Vorwärmofen (10) oder dem oder jedem Reduktionsofen (20, 30) auftritt, zwischen 0,3 und 0,6 Atm. beträgt. 45 50
- 10. Verwendung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei die Temperatur des dem oder jedem Reduktionsofen (20, 30) zugeführten Gases zwischen 800 und 900°C beträgt, und der Temperaturabfall, der in dem Trocken-/Vorwärmofen (10) oder dem oder jedem Reduktionsofen (20, 30) auftritt, zwischen 30 und 80°C beträgt. 55

11. Verwendung nach Anspruch 7 oder 8, wobei die Verweildauer der Eisenerzpartikel in dem Trocken-/Vorwärmofen (10) oder in dem oder jedem Reduktionsofen (20, 30) zwischen 30 und 50 Minuten beträgt.

12. Verwendung nach Anspruch 9 oder 10, wobei die Verweildauer der Eisenerzpartikel in dem Trocken-/Vorwärmofen (10) oder in dem oder jedem Reduktionsofen (20, 30) zwischen 30 und 50 Minuten beträgt.

13. Verwendung einer Vorrichtung nach Anspruch 2 zur Reduzierung feiner Eisenerze, wobei die Verwendung die folgenden Schritte umfasst:

- das Trocknen und Vorwärmen der Eisenerzpartikel in dem Wirbelschicht-Trocken-/Vorwärmofen, das Vorreduzieren der getrockneten/vorgewärmten feinen Eisenerze in dem ersten Wirbelschichtreduktionsofen und das abschließende Reduzieren der vorreduzierten feinen Eisenerze in dem zweiten Wirbelschichtreduktionsofen,

dadurch gekennzeichnet, dass

- die feinen Eisenerze in einem wallenden, fluidisierten Zustand in dem Wirbelschicht-Trocken-/Vorwärmofen getrocknet und vorgewärmt werden,
- die getrockneten/vorgewärmten feinen Eisenerze in einem wallenden, fluidisierten Zustand in dem ersten Wirbelschichtreduktionsofen vorreduziert werden, und
- die vorreduzierten feinen Eisenerze in einem wallenden, fluidisierten Zustand in dem zweiten Wirbelschichtreduktionsofen abschließend reduziert werden.

14. Verwendung nach Anspruch 13, wobei die Gasgeschwindigkeit in einem Freibordbereich des Trocken-/Vorwärmofens (10), des ersten Reduktionsofens (20) und des zweiten Reduktionsofens (30) jeweils auf dem 1,0- bis 3,0-fachen der minimalen Gasgeschwindigkeit gehalten wird, die zum Fluidisieren von Eisenerzpartikeln mittlerer Korngröße, die in dem zugeordneten Ofen verbleiben, erforderlich ist.

15. Verwendung nach Anspruch 13 oder 14, wobei der Druck des dem zweiten Reduktionsofen (30) zugeführten Gases zwischen 2 bis 4 Atm. beträgt, und der Druckabfall, der in dem Trocken-/Vorwärmofen (10), dem ersten Reduktionsofen (20) oder dem zweiten Reduktionsofen (30) auftritt, zwischen 0,3 und 0,6 Atm. beträgt.

16. Verwendung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, wobei die Temperatur des dem zweiten Reduktionsofen (30) zugeführten Gases zwischen 800 und 900°C beträgt, und der Temperaturabfall, der in dem Trocken-/Vorwärmofen (10), dem ersten Reduktionsofen (20) und dem zweiten Reduktionsofen (30) auftritt, zwischen 30 und 80°C beträgt.
17. Verwendung nach Anspruch 13 oder 16, wobei die Verweildauer der Eisenerzpartikel in dem Trocken-/Vorwärmofen (10), dem ersten Reduktionsofen (20) und dem zweiten Reduktionsofen (30) zwischen 20 und 40 Minuten beträgt.

### Revendications

1. Dispositif de réduction du type à lit fluidisé (1) pour réduire des particules de minerai de fer, comprenant :
- un four de séchage/préchauffage à lit fluidisé (10) pour sécher et préchauffer du minerai de fer fin délivré depuis une trémie (70), un four de réduction à lit fluidisé (20) pour réduire finalement le minerai de fer fin séché et préchauffé dans le four de séchage/préchauffage (10), un premier cyclone (40) pour capturer la poussière de minerai de fer contenue dans un gaz d'échappement déchargé depuis le four de séchage/préchauffage (10) et recycler la poussière de minerai de fer capturée vers le four de séchage/préchauffage (10) pendant que le gaz d'échappement nettoyé est déchargé vers l'extérieur, exempt de poussière de minerai de fer ; et
- un deuxième cyclone (50) pour capturer la poussière de minerai de fer contenue dans un gaz d'échappement déchargé depuis le four de réduction (20) et recycler la poussière de minerai de fer capturée vers le four de réduction (20) pendant que le gaz d'échappement nettoyé, exempt de poussière de minerai de fer, est délivré au four de séchage/préchauffage (10), le four de séchage/préchauffage (10) comprenant une première section cylindrique supérieure agrandie (101), une première section conique intermédiaire (102) et une première section cylindrique inférieure réduite (103), la première section conique intermédiaire (102) ayant une forme effilée qui s'élargit régulièrement dans une direction vers le haut, le four de séchage/préchauffage (10) comprenant en outre une première entrée de gaz (11) disposée au niveau d'une partie de fond de la première section cylindrique réduite (103), un premier distributeur (12) installé au niveau d'une partie supérieure de la première section cylindrique

réduite (103), une première entrée de minerai (18) disposée au niveau d'une partie de paroi latérale de la première section conique (102), une première sortie de minerai (13) disposée au niveau de l'autre partie de paroi latérale de la première section conique (102), une première entrée de poussière de minerai (15) disposée au niveau de l'autre partie de paroi latérale de la première section conique, et une première sortie de gaz d'échappement (16) disposée au niveau d'une partie supérieure de la première section cylindrique agrandie (101) ;

le four de réduction comprenant une deuxième section cylindrique supérieure agrandie (201), une deuxième section conique intermédiaire (202) et une deuxième section cylindrique inférieure réduite (203), la deuxième section conique intermédiaire ayant une forme effilée qui s'élargit régulièrement dans une direction vers le haut, le four de réduction comprenant en outre une deuxième entrée de gaz (21) disposée au niveau d'une partie de fond de la deuxième section cylindrique réduite, un deuxième distributeur (22) installé au niveau d'une partie supérieure de la deuxième section cylindrique réduite, une deuxième entrée de minerai (28) disposée au niveau d'une partie de paroi latérale de la deuxième section conique, une deuxième sortie de minerai (23) disposée au niveau d'une partie de paroi latérale de la deuxième section conique, une deuxième entrée de poussière de minerai (25) disposée au niveau d'une autre partie de paroi latérale de la deuxième section conique, et une deuxième sortie de gaz d'échappement (26) disposée au niveau d'une partie supérieure de la deuxième section cylindrique agrandie ;

le premier cyclone étant connecté à la première sortie par l'intermédiaire d'une première ligne de gaz d'échappement (17), connecté à la première entrée de poussière de minerai par l'intermédiaire d'une première ligne de décharge de poussière de minerai (41), et connecté au niveau d'une partie supérieure de celui-ci à une première ligne de gaz d'échappement nettoyé (42) ouverte sur l'atmosphère ;

le deuxième cyclone (50) étant connecté à la deuxième sortie de gaz d'échappement par l'intermédiaire d'une deuxième ligne de décharge de gaz d'échappement (27), connecté à la deuxième entrée de poussière de minerai par l'intermédiaire d'une deuxième ligne de décharge de poussière de minerai (51), et connecté à la première entrée de gaz par l'intermédiaire d'une deuxième ligne de gaz d'échappement nettoyé (52) ;

une première conduite (14) pour connecter la première sortie de minerai (13) et la deuxième

sortie de minerai (28) de façon que les particules de minerai de fer soient introduites par son intermédiaire ;

une deuxième conduite (24) pour connecter la deuxième sortie de minerai (23) à un gazéificateur fondeur (80) de façon que les particules de minerai de fer soient introduites dans le gazéificateur fondeur par son intermédiaire ; et

une ligne de gaz d'échappement pour connecter la deuxième entrée de gaz au gazéificateur fondeur (80).

2. Dispositif de réduction du type à lit fluidisé (1) pour réduire des particules de minerai de fer, comprenant :

un four de séchage/préchauffage à lit fluidisé (10) pour sécher et préchauffer du minerai de fer fin délivré depuis une trémie (70), un premier four de réduction à lit fluidisé (20) pour réduire le minerai de fer fin séché et préchauffé dans le four de séchage/préchauffage (10), un deuxième four de réduction à lit fluidisé (30) pour réduire finalement le minerai de fer fin pré-réduit dans le premier four de réduction, un premier cyclone (40) pour capturer la poussière de minerai de fer contenue dans un gaz d'échappement déchargé depuis le four de séchage/préchauffage (10) et recycler la poussière de minerai de fer capturée vers le four de séchage/préchauffage (10) pendant que le gaz d'échappement nettoyé est déchargé vers l'extérieur, exempt de poussière de minerai de fer ;

un deuxième cyclone (50) pour capturer la poussière de minerai de fer contenue dans un gaz d'échappement déchargé depuis le premier four de réduction (20) et recycler la poussière de minerai de fer capturée vers le premier four de réduction (20) pendant que le gaz d'échappement nettoyé, exempt de poussière de minerai de fer, est délivré au four de séchage/préchauffage (10), un troisième cyclone (60) pour capturer la poudre de minerai de fer contenue dans un gaz d'échappement déchargé depuis le deuxième four de réduction (30) et recycler la poussière de minerai de fer capturée vers le deuxième four de réduction (30) pendant que le gaz d'échappement propre, exempt de poussière de minerai de fer, est délivré au premier four de réduction (20),

le four de séchage/préchauffage (10) comprenant une première section cylindrique supérieure agrandie (101), une première section conique intermédiaire (102) et une première section cylindrique inférieure réduite (103), la première section conique intermédiaire (102) ayant une forme effilée qui s'élargit régulièrement dans une direction vers le haut, le four de

séchage/préchauffage (10) comprenant en outre une première entrée de gaz (11) disposée au niveau d'une partie de fond de la première section cylindrique réduite (103), un premier distributeur (12) installé au niveau d'une partie supérieure de la première section cylindrique réduite (103), une première entrée de minerai (18) disposée au niveau d'une partie de paroi latérale de la première section conique (102), une première sortie de minerai (13) disposée au niveau d'une autre partie de paroi latérale de la première section conique (102), une première entrée de poussière de minerai (15) disposée au niveau de l'autre partie de paroi latérale de la première section conique (102), et une première sortie de gaz d'échappement (16) disposée au niveau d'une partie supérieure de la première section cylindrique agrandie (101) ; le premier four de réduction (20) comprenant une deuxième section cylindrique supérieure agrandie (201), une deuxième section conique intermédiaire (202) et une deuxième section cylindrique inférieure réduite (203), la deuxième section conique intermédiaire (202) ayant une forme effilée qui s'élargit régulièrement dans une direction vers le haut, le premier four de réduction (20) comprenant en outre une deuxième entrée de gaz (21) disposée au niveau d'une partie de fond de la deuxième section cylindrique réduite (203), un deuxième distributeur (22) installé au niveau d'une partie supérieure de la deuxième section cylindrique réduite (203), une deuxième entrée de minerai (28) disposée au niveau d'une partie de paroi latérale de la deuxième section conique (202), une deuxième sortie de minerai (23) disposée au niveau d'une partie de paroi latérale de la deuxième section conique (202), une deuxième entrée de poussière de minerai (25) disposée au niveau de l'autre partie de paroi latérale de la deuxième section conique (202), et une deuxième sortie de gaz d'échappement (26) disposée au niveau d'une partie supérieure de la deuxième section cylindrique agrandie (201) ;

le deuxième four de réduction (30) comprenant une troisième section cylindrique supérieure agrandie (301), une troisième section conique intermédiaire (302) et une troisième section cylindrique inférieure réduite (303), la troisième section conique intermédiaire (302) ayant une forme effilée qui s'élargit régulièrement dans une direction vers le haut, le deuxième four de réduction (30) comprenant en outre une troisième entrée de gaz (31) disposée au niveau d'une partie inférieure de la troisième section cylindrique réduite (303), un troisième distributeur (32) installé au niveau d'une partie supé-



neure de la troisième section cylindrique réduite (303), une troisième entrée de minerai (38) disposée au niveau d'une partie de paroi latérale de la troisième section conique (302), une troisième sortie de minerai (33) disposée au niveau d'une autre partie de paroi latérale de la troisième section conique (302), une troisième entrée de poussière de minerai (35) disposée au niveau d'une partie de paroi latérale de la troisième section conique (302), une troisième sortie de poussière de minerai (36) disposée au niveau d'une autre partie de paroi latérale de la troisième section conique, et un troisième orifice de décharge de gaz d'échappement (36) disposé au niveau d'une partie supérieure de la troisième section cylindrique élargie (301); le premier cyclone (40) étant connecté à la première sortie de gaz d'échappement (16) par l'intermédiaire d'une première ligne de décharge de gaz d'échappement (17), étant connecté à la première entrée de poussière de minerai par l'intermédiaire d'une première ligne de décharge de poussière de minerai (41), et étant connecté au niveau d'une partie supérieure de celui-ci à une première ligne de gaz d'échappement nettoyé (42) ouverte sur l'atmosphère; le deuxième cyclone (50) étant connecté à la deuxième sortie de gaz d'échappement (26) par l'intermédiaire d'une deuxième ligne de gaz d'échappement nettoyé (27), étant connecté à la deuxième entrée de poussière de minerai (25) par l'intermédiaire d'une deuxième ligne de décharge de poussière de minerai (51), et connecté à la première entrée de gaz (11) par l'intermédiaire d'une deuxième ligne de gaz d'échappement nettoyé (52); le troisième cyclone (60) étant connecté à la troisième sortie de gaz d'échappement (36) par l'intermédiaire d'une troisième ligne de gaz d'échappement (37), étant connecté à la troisième entrée de poussière de minerai (35) par l'intermédiaire d'une troisième ligne de décharge de poussière de minerai (61), et étant connecté à la deuxième entrée de gaz (21) par l'intermédiaire d'une troisième ligne de gaz d'échappement nettoyé (62); une première conduite (14) pour connecter la première sortie de minerai (13) et la deuxième sortie de minerai (28) de façon que les particules de minerai de fer soient introduites par son intermédiaire; une deuxième conduite (24) pour connecter la deuxième sortie de minerai (23) et la troisième sortie de minerai (38) de façon que les particules de minerai de fer soient introduites par son intermédiaire; une troisième conduite (34) pour connecter la troisième sortie de minerai (33) à un gazéifica-

teur fondeur (80); et une ligne de gaz d'échappement (82) pour connecter la troisième entrée de gaz (31) au gazéificateur fondeur (80).

3. Dispositif de réduction du type à lit fluidisé selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans lequel chacune des sections coniques (102, 202, 302) a un angle de conicité situé dans la plage allant de 3° à 25°.
4. Dispositif de réduction du type à lit fluidisé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les première et deuxième conduites (14, 24) sont munies au niveau de leurs parties incurvées d'orifices d'alimentation en gaz (P) pour délivrer une petite quantité de gaz à chaque conduite correspondante.
5. Dispositif de réduction du type à lit fluidisé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chacune des sections coniques (102, 202, 302) a une hauteur 5,0 à 9,0 fois aussi importante que le diamètre intérieur au niveau de son extrémité inférieure, et chacune des sections cylindriques élargies (101, 201, 301) a une hauteur 2,0 à 4,0 fois aussi importante que le diamètre intérieur de chaque section conique correspondante au niveau de son extrémité supérieure.
6. Dispositif de réduction du type à lit fluidisé selon la revendication 1, comprenant en outre au moins un four de réduction comprenant une section cylindrique supérieure élargie, une section conique intermédiaire et une section cylindrique inférieure réduite, la section conique intermédiaire ayant une forme effilée qui s'élargit régulièrement vers le haut.
7. Utilisation d'un dispositif selon la revendication 1, pour réduire du minerai de fer fin; l'utilisation comprenant les étapes de :
  - séchage/préchauffage du minerai de fer fin dans ledit four de séchage/préchauffage du type à lit fluidisé et la réduction finale du minerai de fer séché/préchauffé dans ledit four de réduction du type à lit fluidisé,
  - caractérisée en ce que :
    - le minerai de fer fin est séché et préchauffé dans un état de fluidisation à bulles dans le four de séchage/préchauffage du type à lit fluidisé; et
    - le minerai de fer fin séché/préchauffé est réduit dans un état de fluidisation à bulles dans le four de réduction du type à lit fluidisé.
8. Utilisation selon la revendication 7, dans laquelle la vitesse du gaz au niveau d'une zone de franc-bord

de l'un ou l'autre du four de séchage/préchauffage (10) et du four de réduction (20, 30) est maintenu dans une plage de 1,0 à 3,0 fois la vitesse de gaz minimale requise pour fluidiser des particules de minerai de fer ayant la granulométrie moyenne restant dans le four concerné.

9. Utilisation selon la revendication 7 ou 8, dans laquelle la pression du gaz délivré au ou à chaque four de réduction (20, 30) est située dans la plage allant de 2 à 4 atmosphères, et la chute de pression se produisant dans l'un ou l'autre du four de séchage/préchauffage (10) et du ou de chaque four de réduction (20, 30) est située dans la plage allant de 0,3 à 0,6 atmosphère.
10. Utilisation selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, dans laquelle la température du gaz délivré au ou à chaque four de réduction (20, 30) est située dans la plage allant de 800 à 900°C, et le chute de température se produisant dans l'un ou l'autre du four de séchage/préchauffage (10) et du ou de chaque four de réduction (20, 30) est située dans la plage allant de 30 à 80°C.
11. Utilisation selon la revendication 7 ou 8, dans laquelle le temps de séjour des particules de minerai de fer dans l'un ou l'autre du four de séchage/préchauffage (10) et du ou de chaque four de réduction (20, 30) est situé dans la plage allant de 30 à 50 minutes.
12. Utilisation selon la revendication 9 ou la revendication 10, dans laquelle le temps de séjour des particules de minerai de fer dans l'un ou l'autre du four de séchage/préchauffage (10) et du ou de chaque four de réduction (20, 30) est situé dans la plage allant de 30 à 50 minutes.
13. Utilisation d'un dispositif, selon la revendication 2, pour réduire des particules de minerai de fer, l'utilisation comprenant les étapes de :  
séchage et préchauffage des particules de minerai de fer dans ledit four de séchage/préchauffage du type à lit fluidisé, pré-réduction du minerai de fer fin séché/préchauffé dans ledit premier four de réduction du type à lit fluidisé, et réduction finale du minerai de fer fin pré-réduit dans ledit deuxième four de réduction du type à lit fluidisé,  
caractérisée en ce que :

le minerai de fer fin est séché et préchauffé dans un état de fluidisation à bulles dans le four de séchage/préchauffage du type à lit fluidisé ; le minerai de fer fin séché/préchauffé est pré-réduit dans un état de fluidisation à bulles dans le premier four de réduction du type à lit fluidisé ; et

le minerai de fer fin pré-réduit est finement réduit dans un état de fluidisation à bulles dans le deuxième four de réduction du type à lit fluidisé.

14. Utilisation selon la revendication 13, dans laquelle la vitesse du gaz au niveau d'une zone de franc-bord dans chacun du four de séchage/préchauffage (10), du premier four de réduction (20) et du deuxième four de réduction (30) est maintenue dans une plage de 1,0 à 3,0 fois la vitesse de gaz minimale requise pour fluidiser des particules de minerai de fer ayant la granulométrie moyenne restant dans le four associé.
15. Utilisation selon la revendication 13 ou 14, dans laquelle la pression du gaz délivré au deuxième four de réduction (30) est située dans la plage allant de 2 à 4 atmosphères, et la chute de pression se produisant dans le four de séchage/préchauffage (10), le premier four de réduction (20) ou le deuxième four de réduction (30) est située dans la plage allant de 0,3 à 0,6 atmosphère.
16. Utilisation selon l'une quelconque des revendications 13 à 15, dans laquelle la température du gaz délivré au deuxième four de réduction (30) est située dans la plage allant de 800 à 900°C, et la chute de température se produisant dans chacun du four de séchage/préchauffage (10), du premier four de réduction (20) et du deuxième four de réduction (30) est située dans la plage allant de 30 à 80°C.
17. Utilisation selon l'une quelconque des revendications 13 à 16, dans laquelle le temps de séjour des particules de minerai de fer dans chacun du four de séchage/préchauffage (10), du premier four de réduction (20) et du deuxième four de réduction (30) est situé dans la plage allant de 20 à 40 minutes.

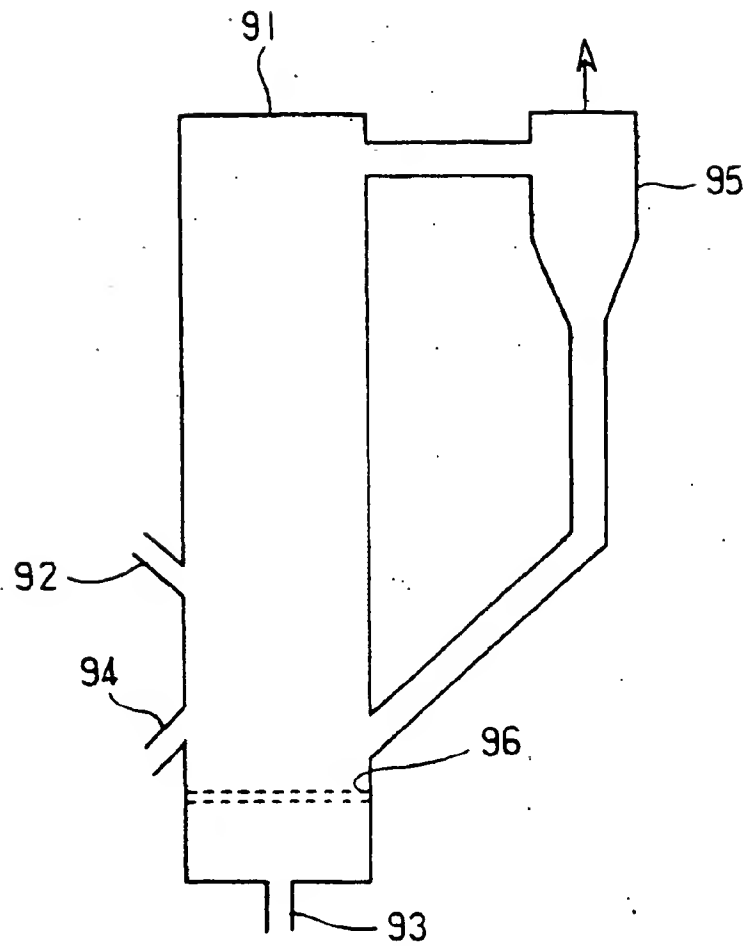


FIG.1

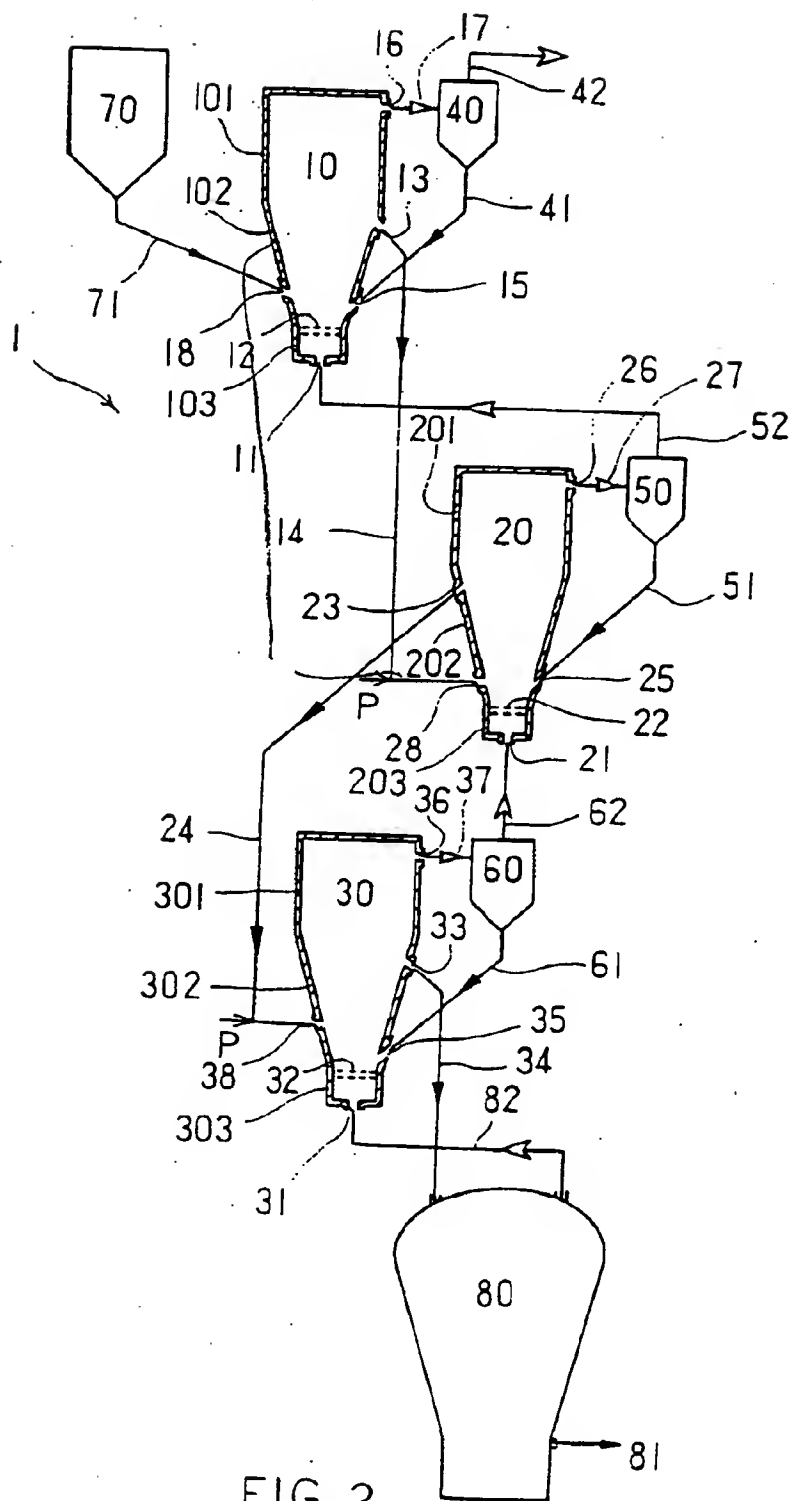


FIG.2